Journal of Agricultural Machinery
Vol. 8, No. 1, Spring - Summer 2018, p. 185-196

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد 8، شماره 1، نیمسال اول 1397، ص 196-185

بررسی و تعیین آسیب حمل‌ونقل جاده‌ای بر کوفتگی گوجه‌فرنگی

امیر منصوری‌آلام[1]- ابراهیم احمدی[2]*

تاریخ دریافت: 1395/07/08
تاریخ پذیرش: 1395/10/19

چکیده

ارتعاشات میوه‌ها در هنگام حمل‌ونقل از دلایل اصلی صدمات وارده به محصولات کشاورزی و افت کیفیت آن‌ها می‌باشد. در این تحقیق، اثر شرایط مختلف حمل‌ونقل که شامل دو نوع ماشین با سیستم تعلیق متفاوت (کامیون بادی و فنری)، سه سطح ارتفاع جعبه درون کامیون (کف، وسط و بالا)، دو موقعیت قرارگیری جعبه (اکسل جلو و عقب)، دو محل قرارگیری میوه درون جعبه (ردیف بالا و پایین) و دو نوع جاده آسفالت بزرگ‌راه و آسفالت درجه دوم می‌باشند بر میزان انرژی جذب شده میوه گوجه‌فرنگی به‌عنوان شاخص مقاومت به کوفتگی توسط آزمون پاندول مورد ارزیابی قرار گرفتند. میزان انرژی جذب شده نمونه‌های شاهد (ارتعاش ندیده) به روش چندگانه در ارتفاع ثابت در حد تسلیم دینامیکی اندازه‌گیری شد، سپس نمونه‌های حمل‌ونقل شده در همین سطح انرژی تحت آزمون قرار گرفتند. مقاومت به کوفتگی در میوه بر مبنای اختلاف بین انرژی جذب شده نمونه‌های حمل‌ونقل شده با نمونه شاهد برحسب درصد در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه واریانس، معنی‌داری اثرات مستقل و برخی عوامل متقابل را در سطوح احتمال 1 و 5 درصد در دو نوع جاده آسفالت نشان داد، بین کاهش ارتفاع قرارگیری میوه نسبت به کف وسیله نقلیه و افزایش مقاومت به کوفتگی رابطه معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که کمترین مقاومت به کوفتگی در موقعیت عقب، بالاترین ارتفاع از کف کامیونت فنری روی آسفالت درجه‌دوم در ردیف‌های میوه پایین و بالای جعبه که به‌ترتیب 488/59 و 491/11 درصد افزایش انرژی جذب شده نسبت به شاهد و بیشترین مقاومت به کوفتگی در جعبه‌های واقع روی اکسل جلو سیستم تعلیق بادی در آسفالت بزرگ‌راه (176/76 درصد افزایش انرژی جذب شده نسبت به شاهد) مشاهده شد. همچنین مقایسه میانگین کامیون، ارتفاع قرارگیری و محل قرارگیری میوه درون جعبه در آسفالت درجه‌دوم حاکی از آن بود که مقاومت به کوفتگی میوه‌های ردیف‌های بالا و پایین جعبه‌های مستقر در کامیونت فنری در همه سطوح ارتفاع کاهش معنی‌داری نسبت به وضعیت متناظر آن در کامیون بادی دارد، نتایج کلی نشان داد بین کاهش مقاومت به کوفتگی و افزایش ارتعاشات سیستم تعلیق (پاسخ به ناهمواری‌های جاده) اختلاف معنی‌داری حاکم است. به‌طور کلی اکسل عقب هر دو وسیله نقلیه و بالاترین ارتفاع جعبه روی آن نامناسب‌ترین مکان برای حمل‌ونقل‌های طولانی مدت میوه‌ها به حساب می‌آید.

واژه‌های کلیدی: انرژی جذب‌شده، سیستم تعلیق، گوجه‌فرنگی، مقاومت به کوفتگی

مقدمه

ایران رتبه هفتم را در تولید گوجه‌فرنگی از لحاظ میزان تولید، در سطح جهان به‌خود اختصاص داده است (Anonymous, 2014). از میان محصولات فاسدشدنی، گوجه‌فرنگی به‌طور قابل توجهی به آسیب مکانیکی حساس است (Ahmadi and Abedi, 2013). در بیشتر کشورها، محصولات با ارزش و حساس مانند کالاهای فاسد شدنی، ازجمله میوه‌ها و سبزی‌ها با کامیون‌ها جابه‌جا می‌شوند. در ایران، حمل‌ونقل کالا از طریق جاده، درصد بالایی (بیش از 85 درصد) را به‌خود اختصاص می‌دهد (Anonymous, 2015). یکی از موضوعات مهم در بررسی افت کیفیت محصولات کشاورزی حساسیت آن‌ها در برابر صدمات مکانیکی است که از طرف اجزای متحرک ماشین‌ها در هنگام برداشت و حمل‌ونقل به آن‌ها وارد می‌شود. اصلی‌ترین نوع آسیب مکانیکی در مرحله پس از برداشت کوفتگی[3] می‌باشد (Van Zeebroeck *et al.*, 2007b). کوفتگی در طی مراحل جابه‌جایی، حمل‌ونقل و بسته‌بندی به سبب بارهای شبه استاتیکی و دینامیکی رخ می‌دهد، اطلاع از رفتار و ویژگی‌های مکانیکی محصول می‌تواند در پیش‌بینی شرایط منجر به ایجاد آسیب‌های مکانیکی در زمان برداشت و حمل‌ونقل، مفید باشد (Mohamadiaylar *et al.*, 2011). شتاب، فرکانس ارتعاش، اندازه میوه درون جعبه، نوع سیستم تعلیق، نوع بسته‌بندی، ارتفاع بسته‌ها در کنار هم، نوع و شرایط جاده از عوامل مهم آسیب در زمان حمل‌ونقل است. میزان ارتعاشی که در زمان حمل‌ونقل در وسایل نقلیه رخ می‌دهد، پیچیده است و نقش معنی‌داری در مقدار آسیب وارده به

1 و 2- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: e_ahmadi2001@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jam.v8i1.59189

3- Bruise

محصولات کشاورزی دارد. آسیب مکانیکی میوه حول فرکانس طبیعی آن حاصل می‌شود (Mohsenin, 1986). در زمان حمل‌ونقل لایه‌های بالایی بیش از لایه‌های پایینی آزادی حرکت دارند در نتیجه آسیب بیشتری می‌بینند (Shahbazi *et al*., 2010). سلیمانی و احمدی (Soleimani and Ahmadi, 2014) ارتعاشات جاده‌ای را روی میوه الکترونیکی بررسی کردند و گزارش نمودند که در زمان حمل‌ونقل نوع جاده، سرعت وسیله نقلیه، موقعیت جعبه و سیستم تعلیق در کاهش یا افزایش میزان ارتعاشات وارده به میوه و صدمات مکانیکی مؤثر می‌باشد. هنگام حمل گوجه‌فرنگی با کامیون دارای سیستم تعلیق فنری، فرکانس ارتعاش‌های وارده به گوجه‌ها در محدوده بالاتر از 3/5 هرتز باعث آسیب‌دیدگی شد، ولی با کامیون دارای سیستم تعلیق بادی، فرکانس ارتعاش کمتر از 3/5 هرتز به گوجه‌فرنگی وارد شد (Hinsch *et al*., 1993). Dixit و Sharan (2008) درصد خسارت مکانیکی گوجه‌فرنگی را درون جعبه چوبی و کارتن در زمان حمل‌ونقل جاده‌ای بررسی کرده و نتیجه گرفتند، جعبه‌های چوبی در مقایسه با کارتن خسارت بیشتری ایجاد می‌نمایند، همچنین با افزایش مسافت حمل‌ونقل از 100 به 200 کیلومتر ضایعات به میزان 10 درصد افزایش یافت، ضایعات گوجه‌فرنگی در جعبه چوبی و طی مسافت 250 کیلومتر، 4/6 و در جعبه‌های کارتنی 2/8 درصد بر مبنای جرم میوه گزارش گردید. کوفتگی در بیشتر محصولات قابل‌مشاهده است، ولی در گوجه‌فرنگی آشکار نیست، بنابراین از مدل انرژی جذب‌شده[1] جهت تعیین حساسیت به کوفتگی استفاده می‌گردد (Ahmadi, 2012). بنا به گزارش برخی از محققین (Slaughter *et al*., 1993; Van Zeebroeck *et al*. 2oo7a) میزان ضایعات میوه‌ها و از جمله گوجه‌فرنگی در فرآیند حمل‌ونقل بین30 تا 40 درصد می‌باشد. با توجه به آمارها، حمل‌ونقل گوجه‌فرنگی در کل کشور بالغ بر 2/5 میلیون تن گزارش گردیده است (Anonymous, 2014). شناسایی فاکتورهای مؤثر بر آسیب کوفتگی در شرایط حمل‌ونقل جاده‌ای جهت تشخیص و پیشگیری از آسیب کوفتگی ضروری به‌نظر می‌رسد با توجه به گزارش Vursavus و Ozguven (2003) بهترین روش برای مطالعه اثرات ارتعاش کامیون، شرایط واقعی حمل‌ونقل است. لذا اطلاع از جزئیات تأثیر ارتعاشات حمل‌ونقل جاده‌ای بر میزان آسیب کوفتگی در میوه می‌تواند کمک شایانی به کاهش اینگونه صدمات بنماید. از این‌رو ضروری به‌نظر می‌رسد هنگامی که مسائل حمل‌ونقل مطالعه می‌شود، تأثیر موقعیت‌های مختلف مکانی قرارگیری میوه درون وسایل نقلیه بر میزان ایجاد آسیب مکانیکی مورد توجه قرار گیرد. در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی در زمینه آسیب‌های ناشی از حمل‌ونقل بر روی میوه‌ها و تست‌های مربوطه به‌صورت واقعی و شبیه‌سازی انجام‌شده است که می‌توان به مطالعات انجام شده بر روی هندوانه (Shahbazi *et al*., 2008)، کیوی (Taghizade *et al*., 2012)، هندوانه (Sadrnia, 2007)، سیب (Ghasemibaghbaderani and Hemmat, 2012; Ghanbarian *et al*., 2015) و میوه الکترونیکی (Soleimani and Ahmadi, 2015) اشاره کرد. بررسی منابع نشان می‌دهد تحقیقات اندکی روی مقاومت به کوفتگی گوجه‌فرنگی در شرایط واقعی ارتعاشات جاده‌ای در مسیرهای طولانی صورت پذیرفته است. در این پژوهش تأثیر نوع کامیون و نوع جاده، ارتفاع قرارگیری جعبه درون کامیون، موقعیت قرارگیری جعبه درون کامیون و محل قرارگیری میوه درون کامیون بر انرژی جذب شده به‌عنوان فاکتوری از آسیب کوفتگی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

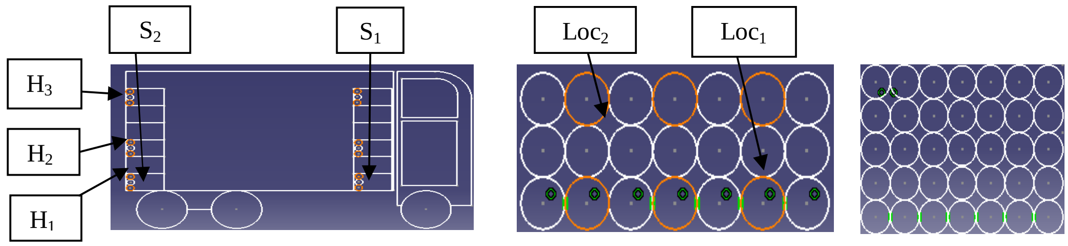
این تحقیق در شهریور ماه 1394 در آزمایشگاه رئولوژی گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه بوعلی سینا همدان و بر روی گوجه‌فرنگی سوپر کوئین[2] انجام گرفت. تیمارهای این تحقیق شامل دو نوع کامیون (بادی و فنری)، سه سطح ارتفاع قرارگیری جعبه (کف، وسط و بالا)، دو سطح موقعیت قرارگیری جعبه (جلو و عقب وسیله نقلیه) و دو سطح محل قرارگیری نمونه درون جعبه (بالا و پایین) بودند که در دو نوع جاده (آسفالت بزرگراه و آسفالت درجه دوم) مورد بررسی قرار گرفتند. میوه‌های شاهد درون بالشتک فومی به‌صورت تک ردیفه و با احتیاط کامل به آزمایشگاه منتقل شد، گوجه‌فرنگی‌های سالم بدون کوفتگی و ضرب خوردگی از مزرعه‌ای واقع در شهرستان اسدآباد، در نوبت صبح برداشت شد، به‌منظور حفظ کیفیت میوه‌ها و کاهش از دست رفتن آب آنها از سبدهای پلاستیکی[3] به ابعاد 37×25×13 cm با ظرفیت 8 کیلوگرم استفاده شد. آرایش چیدمان میوه در جعبه و کامیون نشان می‌دهد، که در هر جعبه به‌طور متوسط 7 عدد میوه در طول، 5 عدد در عرض در 3 ردیف روی هم چیده شدند (شکل1-الف).

میوه‌های مورد نظر برای آزمون پاندول و تعیین مقاومت به کوفتگی آنها بعد از حمل و نقل، درون جعبه در دو ردیف پایین (Loc_1) و بالای جعبه (Loc_2) با مارکر علامت‌گذاری شدند (شکل 1-الف). جعبه‌ها روی اکسل جلو (S_1) و عقب کامیون (S_2)، در سه سطح ارتفاع (کف کامیون:H_1، وسط: H_2 و بالا: H_3) مستقر شدند (شکل 1-ب). در این بررسی از دو نوع کامیون با سیستم تعلیق عقب متفاوت، کامیون آمیکو مدلM2631 سال ساخت 1390، دارای سیستم تعلیق بادی روی اکسل عقب (T_1) و کامیونت نیسان 2400، سال ساخت 1390، دارای سیستم تعلیق فنری روی محور جلو و عقب (T_2) استفاده شد.

1- Absorve Energy Model

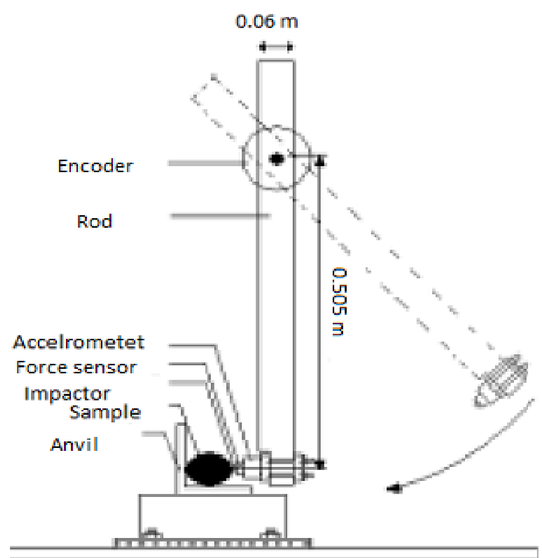
2- Super Queen

3- Reusable plastic containers (RPC)



شکل 1- آرایش چیدمان محصول داخل جعبه از نمای جانبی و قائم (الف) و نحوه استقرار جعبه درون کامیون (ب)

Fig. 1. Arrangement of lateral and vertical product inside the box (a) and The establishment on the truck box (b)



شکل 2- شمای کلی سامانه ضربه زننده

Fig. 2. General view of the impactor system

پژوهش حاضر در دو نوع جاده به اجرا درآمد، جاده اول: آسفالت بزرگ‌راه دارای حداقل ناهمواری (جاده همدان به سمت کرمانشاه و بالعکس) با موقعیت جغرافیایی از″48°30′47/27 تا ″47°8′33/76 طول شمالی و از″34°48′45/70 تا ″34°21′26/73 عرض غربی و جاده دوم: آسفالت درجه‌دوم دارای ناهمواری، چاله‌های کوچک و بزرگ (جاده همدان به سمت گل تپه و بالعکس) با مختصات جغرافیایی از″34°49′34/45 تا ″35°12′57/32 طول شمالی و از″48°30′6/89 تا ″48°12′35/01 عرض غربی مورد استفاده قرار گرفت. طول مسیر رفت و برگشت یکسان و برابر 400 کیلومتر برای هر دو وسیله نقلیه لحاظ شد. نمونه‌ها پس از ورود به آزمایشگاه در دما (20±2C°) با رطوبت نسبی محیط قرار گرفتند.

سامانه ضربه‌زن

این سامانه مجهز به پاندول[1] چوبی به طول 0/505 m، ضربه‌زن[2] کروی با شعاع انحناء 25 mm است، ضربه‌زن مجهز به سنسور نیروسنج (PCB 208C02, PCB Piezotronics Inc., Depew, NY, sensitivity: 10.97 mV/N) و سنسور شتاب‌سنج تک محوره (PCB 320c33, PCB Piezotronics Inc., Depew, NY, sensitivity: 105.2 mV/g) می‌باشد (شکل 2).

در این تحقیق از شاخص میزان انرژی جذب‌شده به‌عنوان پارامتری برای تعیین مقاومت به کوفتگی میوه‌ها استفاده شد. بعد از حمل‌ونقل و انتقال آن‌ها به آزمایشگاه در فاصله زمانی کمتر از 2

1- Pendulum
2- Impactor

ساعت، میوه‌ها تحت آزمون ضربه قرار گرفتند. انرژی ضربه در محدوده حد تسلیم دینامیک محصول در نظر گرفته شد، حد تسلیم دینامیکی به روش چندگانه در ارتفاع ثابت[1] روی میوه‌های شاهد تعیین گردید، متوسط مقدار انرژی ضربه در محدوده حد تسلیم دینامیک 0/0012 ژول بود. میوه‌های حمل‌ونقل شده و شاهد تحت ضربه با انرژی یکسان و تعیین شده قرار گرفتند. در آزمون پاندول انرژی ضربه[2] و الاستیک[3] (بر حسب ژول)، با در نظر گرفتن معادله انرژی جنبشی پاندول اندازه‌گیری شد. با کسر کردن انرژی الاستیک از انرژی ضربه، انرژی جذب‌شده[4] (Ea) محاسبه گردید (رابطه 1). انرژی ضربه و انرژی الاستیک، با توجه به انرژی جنبشی پاندول به‌ترتیب یک پالس زمانی، قبل از ضربه و یک پالس زمانی بعد از ضربه محاسبه گردید.

$$E_{absorbed} = E_{impact} - E_{elastic} \quad E_{elastic} = E_{kin}(t_{n+1}) \quad E_{impact} = E_{kin}(t_{-1}) \quad (1)$$

که در آن:

t_{-1} و t_{n+1} به ترتیب زمان آخرین سیگنال قبل از برخورد و اولین سیگنال بعد از برخورد اشاره می‌کند.

انرژی جنبشی پاندول از رابطه‌ی (2) محاسبه گردید که در آن:

$$E_{kin}(t) = \frac{1}{2} I \omega(t)^2 = \frac{1}{2} \frac{I \dot{\delta}(t)^2}{l^2} \quad (2)$$

ω : سرعت زاویه‌ای ضربه‌زن ($rad.s^{-1}$)

l : طول بازوی پاندول (m)

I: ممان اینرسی بازوی پاندول ($kg.m^2$)

داده‌های این تحقیق جهت تجزیه و تحلیل به علت تعداد زیاد فاکتورهای مقایسه‌ای در قالب دو آزمایش با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با 3 تکرار برای هر پارامتر روی صفت انرژی جذب شده به اجرا درآمد، آزمون اول دارای فاکتورهای کامیون، ارتفاع قرارگیری جعبه از کف وسیله نقلیه و محل قرارگیری میوه درون جعبه در جاده آسفالت بزرگ‌راه و آزمون دوم فاکتورهایی ذکر شده در آزمون اول تنها با تغییر در نوع جاده (جاده آسفالت درجه دوم) می‌باشد، جهت تحلیل آماری داده‌ها و برآورد آزمون معنی‌داری از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics Ver. 20 استفاده شد و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد بهره گرفته شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس آزمون اول نشان داد که اثرات تیمارهای اصلی، کامیون (T)، ارتفاع قرارگیری جعبه درون کامیون (H)، موقعیت قرارگیری جعبه درون کامیون (S) و محل قرارگیری میوه درون جعبه (Loc)، بر انرژی جذب شده در سطح احتمال یک درصد در جاده بزرگ‌راه معنی‌دار و همچنین اثرات متقابل دوگانه T×H، T×S و H×S در سطح احتمال 5 درصد و T×Loc در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، سایر عوامل دو، سه و چهارگانه در سطوح احتمال 5 معنی‌دار نشد (جدول 1).

در پژوهش حاضر، مقادیر بالای انرژی جذب شده (Ea) بیانگر مقاومت کمتر میوه به آسیب کوفتگی است، به‌طوری‌که برای نمونه شاهد به‌عنوان شاخص، این میزان 0/00021 ژول بود. کمترین میزان Ea متعلق به مشاهده T_1H_1 و T_2H_1 با میزان به‌ترتیب 173/76 و 192/76 درصد افزایش Ea نسبت به شاهد، بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به هم و بیشترین مقدار Ea با 295/85 درصد افزایش نسبت به میوه شاهد مربوط به مشاهده T_2H_3 در جاده آسفالت بزرگ‌راه بود (جدول 2). در کامیون بادی و کامیونت فنری بین جعبه‌های موقعیت جلو و عقب کامیون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری از نظر انرژی جذب شده مشاهده شد، کمینه انرژی جذب شده مربوط به T_1S_1 و بیشینه آن نسبت به شاهد در تیمار T_2S_2 اتفاق افتاد (جدول 3). انرژی جذب شده بین محل قرارگیری میوه در ردیف پایین جعبه (Loc_1) با میوه‌های بالای جعبه (Loc_2) در کامیون بادی از نظر آماری اختلاف معنی‌دار نداشت، ولی در کامیونت فنری بین محل قرارگیری میوه در بالا و پایین جعبه این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار شد (جدول 4). از لحاظ آماری اختلاف Ea بین موقعیت جلو (S_1) و عقب (S_2) در ارتفاع متناظر قرارگیری جعبه درون کامیون‌ها در هر سه ارتفاع معنی‌دار شد، به‌طوری‌که کمینه انرژی جذب شده درH_1S_1 و بیشینه آن در تیمار H_3S_2 مشاهده گردید (جدول 5).

در آزمون دوم (جاده با آسفالت درجه دوم) نتایج آنالیز واریانس نشان از تأثیر معنی‌دار عوامل مستقل کامیون (T)، ارتفاع قرارگیری (H)، موقعیت قرارگیری (S) و محل قرارگیری میوه درون جعبه در سطح احتمال یک درصد دارد. اثرات متقابل دوگانه H×S، T×H، S×T و Loc×H و همچنین اثرات سه‌گانه Loc×H×T و Loc×S×H در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول 6). مقایسه میانگین اثر متقابل کامیون، ارتفاع قرارگیری و محل قرارگیری میوه بر انرژی جذب شده نشان داد، بین تیمارهای مختلف در هر دو وسیله نقلیه تفاوت معنی‌دار آماری محسوس است، به‌طوری‌که در همه تیمارها بین انرژی جذب شده میوهای ردیف‌های پایین جعبه و همچنین ردیف‌های بالای جعبه مستقر در کامیون بادی کاهش معنی‌داری نسبت به وضعیت مشابه در کامیون فنری دارد (جدول 7)، کمینه مقاومت به کوفتگی در تیمار $T_2H_3Loc_2$ نسبت به شاهد و بیشنه مقاومت به کوفتگی در تیمارهای $T_1H_2Loc_1$ و$T_1H_1Loc_1$ مشاهده شد (جدول 7).

1- Constant Height Multiple Impact (CHMI)
2- Impact Energy
3- Elastic Energy
4- Absorption Energy (Ea)

جدول 1- تجزیه واریانس اثر، کامیون، ارتفاع قرارگیری، موقعیت قرارگیری جعبه و محل قرارگیری میوه درون جعبه بر انرژی جذب شده در جاده آسفالت بزرگ‌راه

Table 1- Analysis of variance (mean square) effect truck, vehicle floor height, situation and location of fruit in the boxes on the absorption energy in highway road asphalt

Source منبع تغییرات	df درجه آزادی	Mean square میانگین مربعات	F- Value
T کامیون	1	1.084×10^{-7}	55.090^{**}
H ارتفاع	2	2.088×10^{-7}	106.095^{**}
S موقعیت جعبه	1	1.976×10^{-7}	100.362^{**}
Loc محل قرارگیری	1	1.406×10^{-8}	7.141^{**}
H×T	2	6.495×10^{-9}	3.299^{*}
S×T	1	7.993×10^{-9}	4.061^{*}
Loc×T	1	3.280×10^{-8}	16.664^{**}
S×H	2	8.147×10^{-9}	4.139^{*}
Loc×H	2	5.900×10^{-10}	$.300^{ns}$
Loc×S	1	8.292×10^{-10}	$.421^{ns}$
S× H ×T	2	3.711×10^{-9}	1.885^{ns}
Loc× H ×T	2	2.204×10^{-9}	1.120^{ns}
Loc× S ×T	1	.000	$.000^{ns}$
Loc× S ×H	2	2.141×10^{-9}	1.088^{ns}
Loc× S × H ×T	2	.000	$.000^{ns}$
Error خطا	48	1.968×10^{-9}	
Total کل	72		
C.V.	%16.5		

** و * به‌ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

**,* Significant at 1%, 5% of probability levels respectively and n’s there is not a significant difference

جدول 2- مقایسه میانگین اثر متقابل سیستم تعلیق وسیله نقلیه در ارتفاع جعبه از کف بر درصد انرژی جذب شده در جاده آسفالت بزرگ‌راه

Table 2- Comparisons mean the vehicle suspension, height from floor box on the percentage of absorption energy in highway road asphalt

ارتفاع قرارگیری جعبه از کف (Height)			سیستم تعلیق (Truck)
H_3	H_2	H_1	
248.14 b	209.23 c	173.76 d	T_1
295.85 a	253.47 b	192.76 cd	T_2

حروف مشترک بیانگر عدم تفاوت بین میانگین‌ها در سطح احتمال 5 درصد توسط آزمون دانکن را نشان می‌دهد.

Joint letter no significant difference at the 5% level by Duncan's test shows

جدول 3- مقایسه میانگین اثر متقابل سیستم تعلیق (کامیون) در موقعیت قرارگیری جعبه درون کامیون بر درصد انرژی جذب شده در جاده آسفالت بزرگ‌راه

Table 3- Comparisons mean of the vehicle suspension (truck), situation inside the truck on percentage absorption energy in highway road asphalt

سیستم تعلیق (Truck)		موقعیت قرارگیری جعبه (Situation)
T_2	T_1	
227.42 b	180.42 c	S1
267.28 a	240.38 ab	S_2

حروف مشترک بیانگر عدم تفاوت بین میانگین‌ها در سطح احتمال 5 درصد با آزمون دانکن را نشان می‌دهد.

Joint letter no significant difference at the 5% level by Duncan's test shows

جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل کامیون در محل قرارگیری میوه درون کامیون بر درصد انرژی جذب شده در جاده آسفالت بزرگ‌راه

Table 4- Comparisons mean interaction of trucks on the situation of fruit on the percentage of absorption energy in highway road asphalt

سیستم تعلیق (Truck)		محل قرارگیری میوه درون جعبه (Location)
T_2	T_1	
230.52 b	213.90 b	Loc_1
264.19 a	206.90 b	Loc_2

حروف مشترک بیانگر عدم تفاوت بین میانگین‌ها در سطح احتمال 5 درصد توسط آزمون دانکن را نشان می‌دهد.

Joint letter no significant difference at the 5% level by Duncan's test shows

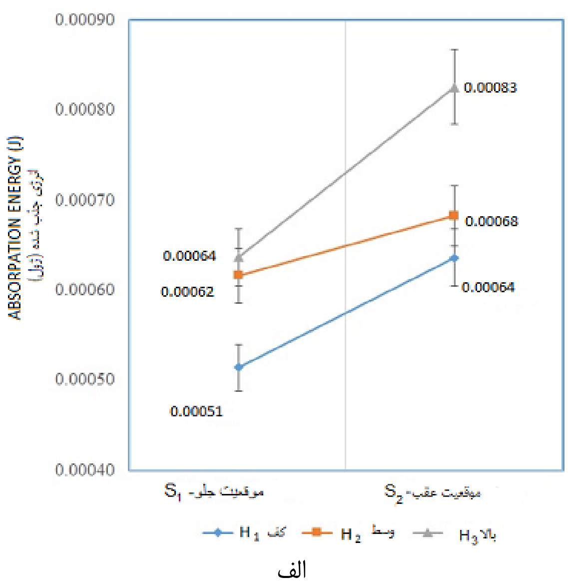
جدول 5- مقایسه میانگین اثر متقابل ارتفاع قرارگیری جعبه از کف کامیون در موقعیت قرارگیری بر درصد انرژی جذب شده در جاده آسفالت بزرگ‌راه

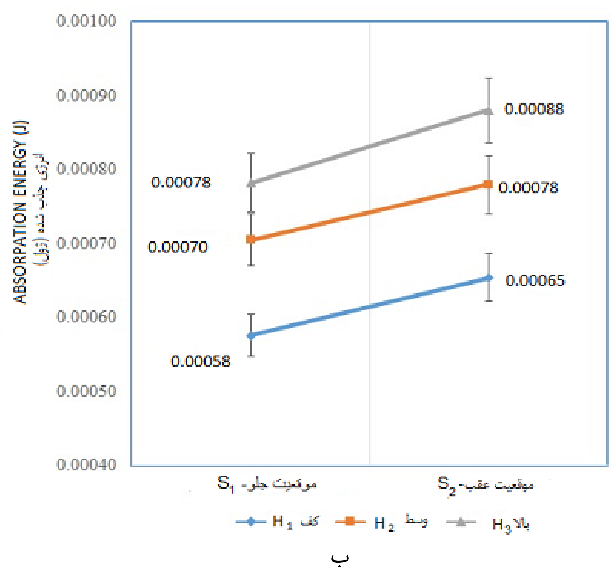
Table 5- Mean comparisons of the height from the floor box of the vehicle in the situation box (on the front axle or rear) on the percentage of absorption energy in highway road asphalt

ارتفاع قرارگیری جعبه از کف (Height)			موقعیت قرارگیری جعبه درون کامیون (Situation)
H_3	H_2	H_1	
273.76 bc	214.57cd	159.42 e	S_1
306.23 a	248.14 b	207.09 d	S_2

حروف مشترک بیانگر عدم تفاوت بین میانگین‌ها در سطح احتمال 5 درصد توسط آزمون دانکن را نشان می‌دهد.

Joint letter no significant difference at the 5% level by Duncan's test shows





شکل 3- روند انرژی جذب شده درون کامیون (الف) و کامیونت (ب) در سه ارتفاع و دو موقعیت مختلف روی آسفالت بزرگ‌راه

Fig. 3. The absorbed energy into air suspension (A) and spring suspension (B) in three heights and two different Situation on highway road asphalt

بین مقاومت به کوفتگی میوه‌های ردیف پایین و بالایی جعبه در هر سه سطح ارتفاع قرارگیری از کف وسیله نقلیه روی جاده آسفالت درجه‌دوم از نظر آماری تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد، هرچند که از نظر عددی میوه‌های ردیف بالایی انرژی جذب بیشتری دریافت نموده بودند (جدول 8).

جدول 6- تجزیه واریانس اثرات کامیون، ارتفاع قرارگیری، موقعیت جعبه و محل قرارگیری میوه درون کامیون بر انرژی جذب شده در جاده آسفالت درجه‌دوم

Table 6- Analysis of variance of the truck, the truck floor height, situation and location of fruit in boxes into the truck on the absorption energy in secondary road asphalt

Source منبع تغییرات	df درجه آزادی	Mean Square میانگین مربعات	F- Value
T کامیون	1	1.598×10^{-6}	1307.183^{**}
H ارتفاع	2	5.517×10^{-7}	451.313^{**}
S موقعیت جعبه	1	1.536×10^{-8}	12.565^{**}
Loc محل قرارگیری	1	2.418×10^{-8}	19.783^{**}
H×T	2	9.948×10^{-8}	81.380^{**}
S×T	1	1.158×10^{-8}	9.475^{**}
Loc×T	1	3.881×10^{-10}	$.317^{ns}$
S×H	2	3.485×10^{-8}	28.508^{**}
Loc×H	2	1.647×10^{-8}	13.471^{**}
Loc×S	1	5.573×10^{-10}	$.456^{ns}$
S× H ×T	2	4.501×10^{-10}	$.368^{ns}$
Loc× H ×T	2	6.986×10^{-9}	5.715^{**}
Loc× S ×T	1	2.632×10^{-09}	2.153^{ns}
Loc× S ×H	2	6.639×10^{-9}	5.431^{**}
Loc× S × H ×T	2	1.663×10^{-9}	1.360^{ns}
Error خطا	48	1.222×10^{-9}	
Total کل	72		
C.V.	%24.3		

** و * به‌ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

**,* Significant at 1%, 5% of probability levels respectively and n’s there is not a significant difference

در هر دو جاده آسفالت (بزرگ‌راه و درجه‌دوم) به‌طور کلی با افزایش ارتفاع قرارگیری جعبه از کف وسیله نقلیه مقاومت به کوفتگی میوه کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند (شکل 3 و 4 الف و ب). در بررسی تأثیر ارتعاش روی حمل‌ونقل خربزه ادعا شد در ارتفاع بالای کامیون به‌دلیل افزایش فرکانس ارتعاش، هم تعداد ضربات و هم قدرت اثر ضربه افزایش می‌یابد، در نتیجه آسیب جدی‌تری به محصول وارد می‌شود (Hamedani *et al.*, 2013). همچنین در مطالعه‌ای که روی ارتعاشات حمل‌ونقل جاده‌ای بر روی میوه سیب صورت گرفته است، میزان ارتعاشات و در نتیجه مقدار آسیب به میوه‌های درون جعبه‌های که کف و وسط کامیون از نظر ارتفاع قرار گرفته بوند، اختلاف معنی‌داری نداشتند، ولی میوه‌های درون جعبه‌های بالاترین ارتفاع از کف با ارتفاع وسط و جعبه‌های مستقر در کف اختلاف معنی‌داری نشان دادند (Soleimani and Ahmadi, 2015). برخی از مطالعات انجام شده در حمل‌ونقل و ارتعاشات جاده‌ای روی میوه و محصولات کشاورزی نشان می‌دهد، با بالا رفتن ارتفاع قرارگیری از کف وسیله نقلیه آسیب کوفتگی افزایش پیدا می‌کند (Timm *et al.*, 1996; Shahbazi *et al.*, 2010; Nicolai and Tijsknes, 2007). در گزارش دیگری که روی شبیه‌سازی ارتعاشات حمل‌ونقل جاده‌ای صورت پذیرفت، میوه‌های درون جعبه‌های واقع درکف، 12/6 درصد، ارتفاع وسط 16/8 درصد و بالاترین ارتفاع از کف، 17/8 درصد آسیب کوفتگی دریافت نموده بود (O'Brien *et al.*, 1969). در مطالعه Singh و Xu (1993) روی کوفتگی سیب، بسته به نوع به‌کارگیری سیستم تعلیق کامیون و ارتفاع جعبه از کف کامیون میزان آسیب تا 80 درصد گزارش شد. پر واضح است، گوجه‌فرنگی‌هایی که در بالاترین ارتفاع از کامیون‌ها قرار داشتند، به‌علت شدت نیروهای عمل‌کننده بیش از میوه‌های ارتفاع کف مستعد ابتلا به آسیب کوفتگی هستند.

در حمل‌ونقل جاده‌ای روی آسفالت بزرگ‌راه میزان مقاومت به کوفتگی میوه در موقعیت عقب وسیله نقلیه (S2) نسبت به محور جلو (S1) در هر سه سطح ارتفاع قرارگیری جعبه از کف وسیله نقلیه، کاهش معنی‌دار نشان داد (جدول 5). در تحقیق (Zhou *et al.*, 2007) میزان صدمه به میوه گلابی در موقعیت عقب کامیون در طول کل مسیر بیش از موقعیت جلو گزارش شد. در بررسی شهبازی و همکاران (Shahbazi *et al.*, 2010) اثر ارتعاشات حمل‌ونقل در

کامیون فنری بر روی صدمه به هندوانه بررسی شده است، بیشترین آسیب وقتی اتفاق می‌افتد که محصول در موقعیت عقب و بالاترین ارتفاع از کف قرار گرفته باشد.

جدول 7- مقایسه میانگین اثر متقابل سیستم تعلیق وسیله نقلیه، ارتفاع قرارگیری جعبه از کف و محل قرارگیری میوه درون جعبه بر درصد انرژی جذب شده در جاده آسفالت درجه دوم

Table 7- Comparisons mean of the vehicle suspension, box height from floor and location of boxes of the fruit in a box on the percentage of absorption energy in secondary road asphalt

ارتفاع قرارگیری جعبه از کف (Height)				
H_3	H_2	H_1	سیستم تعلیق (Truck)	محل قرارگیری میوه (Location)
287.34 de	193.3 f	205.26 f	T_1	Loc_1
488.59 a	348.44 c	272.94 ed	T_2	
279.43 de	259.01e	198.09 f	T_1	Loc_2
491.11 a	378.42 b	198.18 d	T_2	

حروف مشترک بیانگر عدم تفاوت بین میانگین‌ها در سطح احتمال 5 درصد توسط آزمون دانکن را نشان می‌دهد.

Joint letter no significant difference at the 5% level by Duncan's test shows

جدول 8- مقایسه میانگین اثر متقابل ارتفاع قرارگیری جعبه از کف کامیون، موقعیت جعبه درون کامیون (روی محور جلو و عقب) و محل قرارگیری میوه درون جعبه بر درصد انرژی جذب شده در جاده آسفالت درجه‌دوم

Table 8- Comparisons mean of the box height from the floor of the vehicle, situation on the truck (on the front and rear axles) and the location of fruit in the box on the percentage of absorption energy in secondary road asphalt

ارتفاع قرارگیری جعبه از کف (Height)				
H_3	H_2	H_1	موقعیت جعبه‌روی کامیون (Situation)	محل‌قرارگیری‌میوه (Location)
372.59 abc	280.93 cde	229.98 e	S_1	Loc_1
403.26 ab	265.80 cde	248.22 de	S_2	
349.02 abad	331.99 abcde	246.90 de	S_1	Loc_2
421.52 a	305.49 bcde	250.58 de	S_2	

حروف مشترک بیانگر عدم تفاوت بین میانگین‌ها در سطح احتمال 5 درصد توسط آزمون دانکن را نشان می‌دهد.

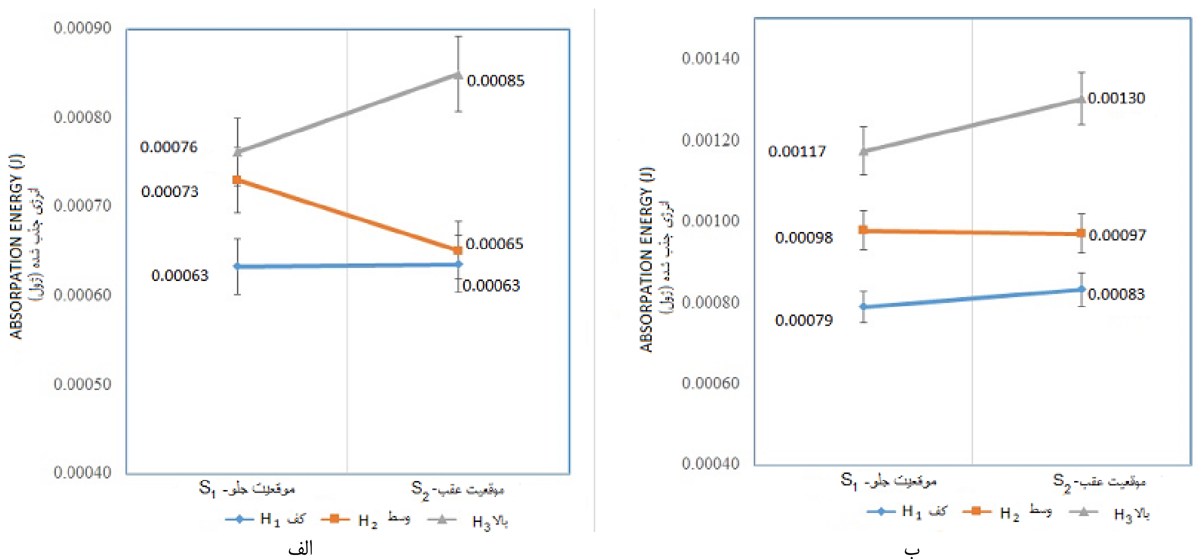
Joint letter no significant difference at the 5% level by Duncan's test shows

به‌طور کلی روند انرژی جذب شده میوه‌های درون کامیونت فنری نسبت به کامیون بادی در تمامی حالات روندی افزایشی داشت. نسبت درصد انرژی جذب شده میوه‌های درون کامیونت فنری نسبت به وضعیت مشابه درون کامیون بادی روی محور جلو (S_1)، به‌ترتیب ارتفاع از کف برابر 1/37، 1/47 و 1/74 و برای محور عقب (S_2) به‌ترتیب 1/46، 1/72 و 1/70 بود (شکل 4). میزان مقاومت به کوفتگی میوه‌های روی محور عقب ماشین، کمتر از میوه‌های روی محور جلوی آن است. در ارتفاع وسط ماشین (H_2) روی محور عقب، استثنایی وجود دارد، جعبه‌های (میوه‌هایی) که روی محور عقب مستقر شده‌اند به نسبت جلو وسیله نقلیه آسیب کمتری دریافت نموده بودند، که ممکن است به بافت، ویژگی‌های داخلی گوجه‌فرنگی، شرایط و وضعیت قرارگیری جعبه ارتباط داشته باشد (شکل 4 الف و ب).

در تحقیقی (Solimani and Ahmadi, 2014) روی حمل‌ونقل سیب گزارش شد شدت ارتعاش و در نتیجه میزان صدمه به محصول روی محور عقب کامیون بیش از محور جلو آن است. در پژوهش حاضر کامیون بادی به دلیل انعطاف پذیری و توانایی مواجهه با ناهمواری‌های جاده، نسبت به ارتعاشات وارده از جاده، پاسخ بهتری داده و محدوده بیشتری از ارتعاشات وارده را خنثی و مستهلک نموده است در نتیجه مقدار و شدت کوفتگی در آن به نسبت کامیونت فنری کمتر بود که با نتایج، Soleimani and Ahmadi, 2014; Lu *et al.*, 2008; Hinsch *et al.*, 1993 مطابقت دارد.

در جاده آسفالت درجه‌دوم مقاومت به کوفتگی میوه‌های ردیف پایین و میوه‌های ردیف بالای جعبه درون کامیون بادی در هر سه سطح ارتفاع از نظر آماری بیش از کامیونت فنری بود. میزان انرژی جذب شده میوه‌های ردیف پایین جعبه در ارتفاع کف در مقایسه با میوه‌های ردیف پایین جعبه در ارتفاع وسط کامیون بادی روی محور

جلو (S_1) تفاوت معنی‌داری نشان نداد، ولی میوه‌های پـایین (Loc_1) جعبه‌های ارتفاع وسط (H_2) با میـوه‌هـای ردیـف پـایین جعبـه‌هـای بالاترین ارتفاع از کف (H_3) تفاوت آماری از نظر درصد انرژی جـذب شده داشت.



شکل 4- روند انرژی جذب شده (ژول) درون کامیون (الف) و کامیونت (ب) در سه ارتفاع و دو موقعیت مختلف در آسفالت درجه‌دوم

Fig. 4. The absorbed energy (j) into air suspension (A) and spring suspension (B) in three heights and two different situation in secondary road asphalt

برای میوه‌های ردیف‌های بالایی (Loc_2) جعبه روی محـور جلـو (S_1) کامیون بادی، بین میوه‌های ارتفاع کف (H_1) و ارتفاع وسط (H_2) تفاوت آماری محسوس بود، اما بین میوه‌های ارتفاع وسط و بالاترین ارتفاع تفاوت آماری مشاهده نشد (جدول 7). در مطالعـه‌ای کـه روی کاهش مدول الاستیسیته (یکی از پارامترهای اندازه‌گیری مقاومت به کوفتگی) بر روی هندوانه انجـام گرفـت، بـین ارتفـاع کـف و وسـط کامیون تاثیر معنی‌داری مشاهده نشد، ولی بین ارتفـاع بـالا و وسـط کامیون اختلاف معنی‌داری آماری مشاهده شـد (Shahbazi *et al.*, 2010). در کامیونت فنردار، مقاومـت بـه کـوفتگی بـین میـوه‌هـای ردیف‌های پایین جعبه در هر سه ارتفـاع قرارگیـری از کـف کـامیون ($T_2H_1Loc_1$، $T_2H_2Loc_1$ و $T_2H_3Loc_1$) و همچنین میوه‌های ردیـف بالای جعبه ($T_2H_1Loc_2$، $T_2H_2Loc_2$ و $T_2H_3Loc_2$) از لحاظ آمـاری تفاوت معنی‌دار حاصل گردید (جـدول 7). در پـژوهش حاضـر تـأثیر حمل‌ونقل روی جاده آسفالت درجه‌دوم نشان داد، مقاومت به کوفتگی میوه‌های ردیف بالا و پایین جعبه در هر سه ارتفاع از کـف (H_1، H_2 وH_3) روی موقعیت جلو و عقب کـامیون و کامیونـت از نظـر آمـاری معنی‌دار نبود. نتایج مختلف و متناقضـی در فضـای توزیـع صـدمات مکانیکی میوه‌ها درون جعبه وجـود دارد، برخـی از محققـین گـزارش دادند، میزان صدمه به میوه از پایین جعبه به طرف بالای جعبه رونـد کاهشـی دارد (Timm *et al.*, 1996; Van Zeebroeck, 2007c).

در تحقیق دیگری گزارش شد، صدمه به میوه از ردیف پایین جعبه به طرف میوه‌های بالای جعبه روند افزایشی دارد، زیرا شتاب ماکزیمم از پایین به بالا روند افزایشی دارد (O'Brien and Fridley, 1970). در حمل‌ونقل جاده‌ای گوجه‌فرنگی، تأثیر ردیف میوه بر نیـروی شکسـت معنی‌دار نشد، ولی میزان نیروی شکست برای لایه‌های بالای جعبـه بیش از لایه‌های زیرین اسـت (Bidely, 2013). در مطالعـه حاضـر مقاومت به کوفتگی میوه‌های ردیف بالا و پایین جعبه در جاده آسفالت بزرگ‌راه به‌دلیل ماهیت منظم‌تر ارتعاشات کامیونت فنری در این جاده و چرخش کمتری که در میوه‌های ردیف بـالایی وجـود دارد از نظـر آماری نسبت به جاده آسفالت درجه دوم بارز بود، به‌طوری‌که میوه‌های ردیف بالا بیش از میوه‌های ردیف پایین دچار آسیب کـوفتگی شـده بودند، کامیونت فنری در جاده آسفالت درجه‌دوم پاسـخ مناسـبی بـه ناهمواری‌ها جاده نداشته است، به همین دلیل شدت ارتعاشات بارهـا، سبب چرخش (از نقطـه علامـت‌گـذاری شـده) و حتـی پـرش میـوه ردیف‌های بالایی گردیده و نهایتاً ممکن است سبب انتقال بخشی از نیروی ضربه به میوهای ردیف پایینی در نتیجه کاهش آستانه مقاومت به کوفتگی در اثر افزایش بار مرده ناشی از وزن میوه‌های ردیف‌های بالایی گردیده باشد. بنابراین از نظر آماری بین کـوفتگی میـوه‌هـای ردیف بالا (در اثر ارتعـاش) و پـایین (در اثـر وزن) تفـاوتی در جـاده آسفالت درجه دوم مشاهده نشد. در تحقیقی (Babarinsa and Ige,

2012) بین رسیدگی، ارتعاش و شدت آسیب در اثر بار مـرده ارتبـاط مستقیمی مشاهده شد. رفتار ارتعاشی مناسب کامیون بـادی در جـاده آسفالت بزرگ‌راه مانع از تفاوت معنی‌دار آماری مقاومت به کوفتگی در اثر وزن (میوه‌های ردیف پایین جعبه) و کوفتگی در اثر ارتعاشات وارده به میوه‌های ردیف بالای جعبه گردیده است. در حمل‌ونقل جاده‌ای با کامیون بادی روی آسفالت درجه دوم، اختلافی در میزان انرژی جذب شده میوه‌های ردیف بالایی جعبه در اثر ارتعاش و میزان انرژی جذب ردیف‌های پایینی میوه در اثر نیروی وزن بدست نیامـد، عـدم رفتـار ارتعاشی مناسب سیستم تعلیق کامیون بادی، به‌دلیل ویژگی و پروفیل جاده[1] (ناهمواری‌های تأثیرگذار روی سیستم تعلیق) احتمالاً دلیل عدم معنی‌داری مقاومت به کوفتگی میوه‌های ردیف بالا و پایین جعبـه در این دسته از جاده‌ها (آسفالت درجه دوم) بوده است.

نتیجه‌گیری

آسیب ارتعاشی عموماً در طول حمل‌ونقل اتفاق مـی‌افتـد، نتـایج حاکی از آن است که محل استقرار جعبه درون وسیله نقلیه (S_1 و S_2) بر میزان مقاومت به کوفتگی میوه‌های درون جعبه مؤثر است، کمینه مقاومت به کوفتگی در جاده آسفالت بزرگ‌راه روی موقعیت عقب (S_2) کامیونت فنری (T_2) با مقدار 267/28 درصد افزایش و کمینه انـرژی جذب شده در جاده آسفالت بزرگ‌راه درون کامیون بـادی (T1) روی محور جلو (S_1) با میزان 180/42 درصـد افـزایش نسـبت بـه شـاهد مشاهده شد. در جاده آسفالت درجه‌دوم کمینه انرژی جـذب شـده در ارتفاع اول (H_1) و دوم (H_2) کامیون بادی (T_1) و متعلق به میوه‌های ردیف پایین جعبه (Loc_1) و همچنین میوه‌های ردیـف بـالای جعبـه (Loc2) در ارتفاع اول کامیون بادی (H_1) با میزان به‌ترتیب 205/26 و 193/30 و 198/09 درصد افزایش نسبت به شاهد رخ داد. در جاده آسفالت بزرگ‌راه، نتایج نشان داد میوه‌هایی که در موقعیت جلو (S_1) و ارتفاع اول (H_1) وسیله نقلیه قرار گرفتـه بودنـد، بـا میـزان 159/42 درصد انرژی جذب شده بیشترین و میوه‌هایی که در موقعیـت عقـب (S_2) و ارتفاع سوم (H_3) قرار گرفته بودنـد بـا مقـدار 306/23 درصـد انرژی جذب شده (نسبت به شاهد) کمترین مقاومت به کـوفتگی را از خود نشان دادند. بیشترین انرژی جذب شده در بالاترین ارتفاع از کف (H3) کامیونت فنری (T2) به‌طور مشترک بـرای میـوه‌هـای ردیـف پایین (Loc1) و بالای جعبه (Loc2) روی جاده آسفالت درجه‌دوم بـا مقدار به‌ترتیب 69/98 و 75/75 درصد افزایش نسبت به میوه‌هایی که در وضعیت مشابه درون کامیون بادی (در همان جـاده) قـرار گرفتـه بودند، مشاهده شد، نتایج کلی نشان داد محـدوده بیشـینه و کمینـه مقاومت به کوفتگی میوه‌های درون کامیون بادی (نسبت بـه نمونـه شاهد) نزدیک‌تر و منطقی‌تر از میوه‌هایی اسـت کـه درون کامیونـت فنری قرار گرفته است. به‌طور کلی، شرایط نامطلوب زمانی رخ می‌دهد که مقدار نوسانات سیستم تعلیق به بیشینه مقدار خـود برسـد و ایـن شرایط مادامی‌که وسیله نقلیه روی آسفالت با ناهمواری و چالـه‌هـای بزرگ و کوچک (جاده آسفالت درجه‌دوم) قرار گیرد، مهیا می‌گردد.

References

1. Ahmadi, E., and Gh. Abedi. 2013. Sensitivity of tomatoes to internal bruising induced by mechanical stress. European Journal of Horticultural Science 78 (5): 219-224.
2. Ahmadi, E. 2012. Bruise susceptibilities of kiwifruit as affected by impact and fruit properties. Research in Agricultural Engineering 58: 107-113.
3. Anonymous. 2015. Road maintenance and transportation organization. Available at: http://www.rmto.ir/en/SitePages/Road%20Maintenance%20And%20Transportation%20Organization.aspx
4. Anonymous. 2014. Tomato production in Iran. Available at: http://www.farsnews.com/newstext.php?nn=13910820000700
5. Babarinsa, F. A., and T. Ige. 2012. Young's modulus for packaged roma tomatoes under compressive loading. International Journal of Scientific and Engineering Research 3: 1-7.
6. Bidely, N. 2013. Effects of harvesting conditions on tomato losses. Agricultural Engineering Research Institute. The Final Report Registration Number: 42987.
7. Dixit, M. R., and G. Sharan. 2008. A study in the context of development of customized cartons. Indian Institute Of Management Ahmedabad, Research and Publication Department, IIMA Working Papers.
8. Ghanbarian, D., M. Shirvani, M. Ghasemi-Varnamkhasti, and H. Golestanian. 2015. The effects of drop height and padding surface on bruising of exportable apple. Journal of Agricultural Machinery 5 (1): 122-133. (In Farsi).
9. Ghasemibaghbaderani, B., and A. Hemmat. 2012. Damage of apples during transportation and handling.

1- Road profile

8th Congress of Agricultural Machinery (Biosystems) and Mechanization, Mashhad University, Mashhad. (In Farsi).
10. Hinsch, R. T., D. C. Slaughter, W. L. Craig, and J. F. Thompson. 1993. Vibration of fresh fruits and refrigerated during refrigerated truck transport. Transactions of the ASAE 36 (4): 1039-1042.
11. Hamedani, M. A., A. Rajabi Poor, H. Mobli, and A. Sanaeifar. 2013. Road vibration effects on mechanical properties of melon. Twenty-first National Congress of Food Science and technology, Shiraz University, Shiraz. (In Farsi).
12. Lu, F., Y. Ishikawa, T. Shiina, and T. Satake. 2008. Analysis of shock and vibration in truck transport in Japan. Packaging Technology and Science 21 (8): 479-489.
13. Mohsenin, N. N. 1986. Physical properties of food and agricultural materials, Gordon and Revised and Update Edition. Gordon and Breach science publishers. New York.
14. Mohamadiaylar, S. A., S. Minaei, and A. H. Afkarisayah. 2011. Tomato mechanical properties under compressive loading during the various stages of post-harvest handling. Journal of Biosystems Engineering 42: 196-191.
15. Nicolai, B. M., and E. Tijsknes. 2007. Impact damage of apples during transport and handling. Postharvest biology and technology 45: 157-167.
16. O'Brien, M., R. C. Pearl, E. P. Vilas, and R. L. Driesbach. 1969. The Magnitude and Effect of In-transit Vibration Damage of Fruits and Vegetables on Processing Quality and Yield. Transactions of the ASAE 12: 452-455.
17. O'Brien, M., and R. B. Fridley. 1970. Measurement of vibrations related to harvesting and handling of fruits and vegetables. Transactions of the ASAE 13 (6): 870-873.
18. Sadrnia, H. 2007. Mechanical properties of watermelon and three dimensions analysis of stress distribution, Using LPM. Ph. D. thesis. Agricultural Faculty, University of Tehran.
19. Soleimani, B., and E. Ahmadi. 2014. Measurement and analysis of truck vibration levels as a function of packages locations in truck bed and suspension. Computers and Electronics in Agriculture 109: 141-147.
20. Soleimani, B., and E. Ahmadi. 2015. Evaluation and analysis of vibration during fruit transport as a function of road conditions, suspension system and travel speeds. Engineering in Agriculture, Environment and Food 8: 26-32.
21. Slaughter, D. C., R. T. Hinsch, and J. F. Thompson. 1993. Assessment of vibration injury to Bartlett pears. Transactions of the ASAE 36: 1043-1047.
22. Shahbazi, F., A. Rajabipour, S. Mohtasebi, and Sh. Rafiee. 2008. Effects of transport vibrations on modulus of elasticity watermelon, variety crimson sweet. Iranian Journal of Biosystem Engineering 40 (1): 15-25. (In Farsi).
23. Shahbazi, F., A. Rrjabipour, S. Mohtasebi, and Sh. Rafiee. 2010. Simulated in-transit vibration damage to watermelons. Journal of Agricultural Science and Technology 12: 23-34.
24. Singh, S. P., and M. Xu. 1993. Bruising in apples as a function of truck vibration and packaging. Applied Engineering in Agriculture 9: 455-460.
25. Taghizade, G. H., J. Hashemi, and R. Tabatabaekoloor. 2012. The effect of fruit size on the kiwi fruit damage during transport. Iranian Food Science and Technology Congress, Sharif University, Tehran.
26. Timm, E. J., G. K. Brown, and P. R. Armstrong. 1996. Apple damage in bulk bins during semi-trailer transport. Applied Engineering in Agriculture 12: 369-377.
27. Van Zeebroeck, M., V. Van linden, P. Darius, B. De ketelaere, H. Ramon, and E. Tijskens. 2007a. the effect of fruit properties on the bruise susceptibility of tomatoes. Postharvest Biology and Technology 45, 168-175.
28. Van Zeebroeck, M., V. Van linden, P. Darius, B. De ketelaere, H. Ramon, and E. Tijskens. 2007b. the effect of fruit factors on the bruise susceptibility of apples. Postharvest Biology and Technology 46: 10-19.
29. Van Zeebroeck, M., V. Van Linden, H. Roman, J. De Baerdemaeker, B. M. Nicolai, and E. Tijskens. 2007c. Impact damage of apples during transport and handling. Postharvest Biology and Technology 45: 157-167.
30. Zhou, R., S. Su, L. Yan, and Y. Li. 2007. Effect of transport vibration levels on mechanical damage and physiological responses of Huanghua pears. Postharvest Biology and Technology 46 (1): 20-28.
31. Vursavus, K., and F. Ozguven. 2003. Determining the strength properties of the Dixired peach variety. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 27: 155-160.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 8, No. 1, Spring - Summer 2018, p. 185-196

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد 8، شماره 1، نیمسال اول 1397، ص 196-185

Determination of Bruising Damages of Tomato during Road Transportation Process

A. Mansouri Alam[1]- E. Ahmadi[2*]
Received: 29-09-2016
Accepted: 08-01-2017

Introduction

The most important post-harvest mechanical damage is bruising. Bruising occurs during the stages of handling, transporting and packaging due to quasi-static and dynamic loads. Vibrations of tomato fruits during transportation by truck will decrease their quality. More than 2.5 million tons damages have been reported during tomato transportation in Iran. Therefore, it is necessary to recognize different parameters of damages during road transportation in order to detect and prevent bruising injury.

Materials and Methods

In this study, healthy Super Queen verity of tomatoes devoid of any corrosion and mechanical damage multipliers were used. Aaverage of 7 and 5 pieces of fruit in each length and width, respectively in 13*25*37 cm boxes with a capacity of 8 kg were arranged. The boxes were divided into 2 types of truck suspension (model M2631 AIMCO, manufactured in 2010 with air suspension and Nissan trucks 2400, manufactured in 2010 with suspension spring). Boxes were established in three different heights truck, floor truck, height of middle and top of truck, in addition to two different situation boxes on the front axle (S1) and rear axle (S2). In each situation, three levels of height (H1), floor truck, the truck (H2) and the truck (H3) there. The location of each sample inside the fruit boxes bottom row (Loc1) and top (Loc2) boxes marked with marker. In this study, two types of road, highway asphalt and asphalt secondary road was used for transportation. Trucks and vans had the same distance route about 400 km. Fruits were transferred to Hamadan agricultural college. Rheology lab test was a hit with the pendulum. In this study, the amount of energy absorbed from the index (as a parameter to determine the sensitivity) and the fruits bruises were used. Hit test was done after transportation of fruits and transferring those to the laboratory in less than 2 hours. Impact energy products were considered higher than the dynamic submission, dynamic submission to the multiple ways in constant height (CHMI) were determined on the control fruits, impact energy yield limit dynamic range (0.0012) was Jules.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that the main factors including truck, boxes of floor height, box situation on the front and rear axles of the vehicle as well as the location of the fruit (the top and bottom of the box) has a significant effect on energy absorption. There are also some double and triple interactions energy absorbed as a factor of bruising damage in the pendulum test was significant at the 5% possibility level. Means comparison showed that the effect of the truck in height. By increasing the height from the floor of the vehicle, bruising injury increased significantly. The results showed that the fruits which transported with air suspension are healthier than those with truck suspension spring. The maximum amount of absorption energy at third height (H3) spring suspension system (T2) and rear axle (S2) with the amount respectively 491.11 and 488.59 percent increase (compared with control fruit) belong the top row fruits and bottom row fruits inside the box (in secondary asphalt), and maximum resistance bruising in the first height (H1) air suspension system (T1) and front situation (S1) with 180.42 percent increase was observed to control fruits (in highway asphalt).

The overall results show that fruit damages are low during transportation with the front axle vehicle. The results also showed that asphalt road highway and truck with air suspension system, Groups of maximum and minimum absorbed energy was more logical than truck suspension spring.

Keywords: Bruising, Energy absorbed, Suspension, Tomatoes

1- M.Sc Student of Biosystems Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan
2- Associate Professor, Biosystems Engineering Department, Bu-Ali Sina University, Hamedan
(*- Corresponding Author Email: e_ahmadi2001@yahoo.com)